

BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**CONTROLE DE QUALIDADE NO ARMAZENAMENTO DE
COMBUSTÍVEIS**

BIANCA MICKELLY FELIX ATAIDE

Rio Verde, GO

2024

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE**

BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**CONTROLE DE QUALIDADE NO ARMAZENAMENTO DE
COMBUSTÍVEIS**

BIANCA MICKELLY FELIX ATAIDE

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial
para a obtenção do Grau de Bacharel
em Engenharia Química.

Orientador (a): Dr^a. Eloiza da Silva Nunes Viali

Rio Verde – GO
Junho, 2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

FAT862 Felix Ataide, Bianca Mickelly
c Controle de Qualidade no Armazenamento de
Combustíveis / Bianca Mickelly Felix Ataide;
orientadora Eloiza da Silva Nunes Viali. -- Rio
Verde, 2024.
59 p.

TCC (Graduação em Engenharia Química) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2024.

1. Terminais de Combustíveis. 2. Análises. 3.
Estágio. I. Viali, Eloiza da Silva Nunes , orient.
II. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 45/2024 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos vinte e oito dias do mês de junho de 2024, às 14 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Profa. Dra. Eloiza da Silva Nunes Viali, Prof. Dr. Rogério Favareto e Profª. Dra. Polyana Fernandes Pereira, para examinar o Trabalho de Curso intitulado "CONTROLE DE QUALIDADE NO ARMAZENAMENTO DE COMBUSTÍVEIS" do estudante BIANCA MICKELLY FELIX ATAIDE, Matrícula nº 2020102203540015 do Curso de Bacharelado em Engenharia Química do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Dra. Eloiza da Silva Nunes Viali
Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Dr. Rogério Favareto
Membro

(Assinado Eletronicamente)

Dra. Polyana Fernandes Pereira
Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Eloiza da Silva Nunes Viali, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/06/2024 15:20:15.
- Polyana Fernandes Pereira, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - CCMAQ-RV, em 28/06/2024 15:21:37.
- Rogerio Favareto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/06/2024 15:21:48.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/06/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 611335

Código de Autenticação: d68b4c720e



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 53/2024 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

BIANCA MICKELLY FELIX ATAIDE

CONTROLE DE QUALIDADE NO ARMAZENAMENTO DE COMBUSTÍVEIS

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 28 de junho de 2024, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Profa. Dra. Eloiza da Silva Nunes Viali
Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde
Orientadora
(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Rogério Favareto
Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde
Membro Interno
(assinado eletronicamente)

Profa. Dra. Polyana Fernandes Pereira
Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde
Membro Interno
(assinado eletronicamente)

Documento assinado eletronicamente por:

- Eloiza da Silva Nunes Viali, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/06/2024 15:19:04.
- Rogerio Favareto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/06/2024 15:22:19.
- Polyana Fernandes Pereira, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - CCMAQ-RV, em 28/06/2024 15:22:40.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/06/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 611345

Código de Autenticação: d783768043



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

DEDICATÓRIA

Com carinho e gratidão, dedico este trabalho a minha família: Dorislene, Abilio e Victor. E também aos companheiros de jornada, tanto os passageiros quanto aqueles que estiveram presentes em todos os momentos. Aos amigos, que com paciência e sabedoria me apoiaram após as provas e me incentivaram quando eu não sabia se estava no caminho certo. Aos professores, colegas de trabalho e ao coordenador do curso, que souberam me orientar, ensinar e transmitir todo o conhecimento necessário ao longo desses anos. Por fim, dedico este trabalho a todos que estão iniciando qualquer curso e se sentem perdidos, mas não desistem dos seus sonhos. Cada um de vocês contribuíram para que eu me tornasse a pessoa e profissional que sou hoje.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me permitido viver essa experiência e realizar tantos sonhos. Sem Ele nada seria possível e nada teria conquistado. És a minha base e a minha força. Obrigado Deus, por tudo que vivi e que me fez crescer como pessoa e profissional!

Agradeço aos meus pais, meus irmãos e meus avós que sempre me apoiaram e fizeram de tudo para que meus sonhos se tornassem reais e vivesse momentos incríveis.

A todos os colegas, supervisores e gerentes de trabalho que tive a oportunidade de conhecer e trabalhar, por terem me ensinado e me auxiliaram na trajetória do meu conhecimento para que eu pudesse crescer profissionalmente.

Aos meus amigos por todos os momentos compartilhados juntos durante esses anos, por terem estado comigo em cada passo e se tornarem parte da minha família.

Aos meus professores e orientadores, que investiram seu tempo e conhecimento para me conduzir e inspirar durante o meu curso. Esses que foram essenciais para o desenvolvimento desse trabalho.

Obrigado por todos que fizeram parte desse sonho tão importante na minha vida!

“Peçam, e lhes será dado; busquem, e encontrarão; batam e a porta lhes será aberta. Pois todo o que pede, recebe; o que busca, encontra; e àquele que bate, a porta será aberta.”

(Bíblia [...], 2013, Mt 7, 7-8, p. 1216)*

* BÍBLIA de estudo facilitado. São Paulo: Mundo Cristão, 2013.

RESUMO

ATAIDE, Bianca Mickelly Felix. **Controle de Qualidade no Armazenamento de Combustíveis**. 2024. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Química) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2024.

O presente trabalho descreve as atividades realizadas durante o estágio obrigatório em uma empresa do setor petroquímico no laboratório de controle de qualidade dos combustíveis diesel, gasolina, etanol e biodiesel. Sendo assim, com o avanço dos veículos automotores, tornou-se essencial o desenvolvimento de combustíveis capazes de atender a essa crescente demanda. Além disso, a crescente preocupação ambiental por parte das organizações ressaltou a importância do controle de qualidade dos combustíveis. O presente estudo tem como foco a temática do controle de qualidade no armazenamento de combustíveis, com o objetivo de discutir os testes realizados em um Terminal de armazenamento de combustíveis para garantir a qualidade dos produtos fornecidos aos consumidores finais. Sendo fundamental não apenas proporcionar a segurança dos veículos, mas também garantir a qualidade e a segurança dos combustíveis comercializados, além de combater os impactos ambientais.

Palavras-chave: Terminais de Combustíveis; Análises, Estágio.

ABSTRACT

This paper describes the activities carried out during a compulsory internship at a petrochemical company in the quality control laboratory for diesel, gasoline, ethanol and biodiesel fuels. With the advance of motor vehicles, it has become essential to develop fuels capable of meeting this growing demand. In addition, the growing environmental concern on the part of organizations has highlighted the importance of fuel quality control. This study focuses on the subject of quality control in fuel storage, with the aim of discussing the tests carried out at a fuel storage terminal to guarantee the quality of the products supplied to end consumers. It is essential not only to ensure the safety of vehicles, but also to guarantee the quality and safety of the fuels sold, as well as combating environmental impacts.

Keywords: Fuel Terminals; Analysis, Internship

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT.	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP.	Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis
ASTM.	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CNP.	Conselho Nacional do Petróleo
CNPE.	Conselho Nacional de Política Energética
EAC.	Etanol Anidro Combustível, Etanol Anidro Combustível
EHC.	Etanol Hidratado Combustível
HC.	Hidrocarbonetos
IAA.	Instituto do Açúcar e do Alcool
Inmetro.	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INT.	Instituto Nacional de Tecnologia
IPT.	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MME.	Ministério de Minas e Energia
ONU.	Organização das Nações Unidas
OVEG.	Programa Nacional de Óleos Vegetais
PETROBRAS.	Petróleo Brasileiro S.A.
PMQC.	Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis
PNDB.	Programa Nacional de Produção de Biodiesel
Proálcool.	Programa Nacional do Alcool

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Frações típicas obtidas a partir do fracionamento do petróleo.....	21
Quadro 2 – Resoluções e colorações dos combustíveis	29
Quadro 3 - Teor de hidrocarbonetos na amostra analisada	44
Quadro 4 – Especificações dos parâmetros analisados nos etanóis anidro e hidratado	46
Quadro 5 - Especificações dos parâmetros analisados dos diesels.....	51
Quadro 6 - Especificações dos parâmetros analisados no biodiesel.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Massa específica dos combustíveis a temperatura de 20°C	30
Tabela 2 – Limites máximos e mínimos das temperaturas na destilação dos combustíveis	35
Tabela 3 – Especificações dos parâmetros analisados nas gasolinas A e C	42
Tabela 4 - Análises dos descarregamentos das gasolinas do tipo A.....	42
Tabela 5 - Análises dos descarregamentos de EAC	46
Tabela 6 - Análises dos descarregamentos de EHC	47
Tabela 7 - Análises dos descarregamentos do S10A.....	51
Tabela 8 - Análises dos descarregamentos de S500A	51
Tabela 9 - Análises dos descarregamentos de B100.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Amostra de gasolina A retirada do tanque de armazenamento do Terminal.....	38
Figura 2 - Amostra da gasolina C retirada do carregamento do caminhão-tanque.....	39
Figura 3 – Equipamento para realizar o processo de destilação da gasolina A do tanque de armazenamento do Terminal.....	39
Figura 4 - Teste da proveta na gasolina A do tanque de armazenamento.....	40
Figura 5 - Teste da proveta na gasolina C do carregamento do caminhão-tanque.....	41
Figura 6 - Amostra do etanol anidro retirado do tanque de armazenamento do Terminal.....	43
Figura 7 - Amostra do etanol hidratado retirado do tanque de armazenamento do Terminal..	43
Figura 8 - Teste de HC no etanol hidratado retirado do tanque de armazenamento da Distribuidora.....	44
Figura 9 – Equipamento pHmetro para análise do pH do etanol hidratado.....	45
Figura 10 - Etapas do teste de metanol colorimétrico.....	46
Figura 11 - Amostra do S500A retirada do tanque de armazenamento do Terminal.....	47
Figura 12 - Amostra do S500B retirado do carregamento do caminhão-tanque.....	48
Figura 13 - Amostras de S10A (figura A) retirada do tanque de armazenamento da Distribuidora e S10B (figura B) retirado após o carregamento do caminhão-tanque.....	48
Figura 14 - Análise da condutividade do S500A para controle de qualidade do tanque de armazenamento.....	49
Figura 15 – Equipamento Titulador Coulométrico Karl Fisher HI904 Hanna.....	50
Figura 16 - Equipamento Ponto de Fulgor Vaso Fechado Pensky-Martens Q292A.....	50
Figura 17 – Amostras de biodiesel do descarregamento de origem vegetal (figura A), biodiesel do descarregamento de origem animal (figura B), e amostra de biodiesel do tanque de armazenamento do terminal (figura C).....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	O Petróleo	20
2.2	Os Combustíveis.....	22
2.2.1	Gasolina	23
2.2.2	Etanol	24
2.2.3	Diesel	25
2.2.4	Biodiesel	26
2.3	Legislações e Normas Técnicas.....	27
2.4	Análises Físico-Químicas	28
2.4.1	Cor e aspecto.....	28
2.4.2	Densidade.....	29
2.4.3	Teor de água.....	30
2.4.4	Condutividade elétrica	30
2.4.5	Concentração de íons hidrogênio (pH)	31
2.4.6	Ponto de fulgor.....	31
2.4.7	Teor de etanol anidro	32
2.4.8	Teor alcoólico, de hidrocarbonetos e metanol	32
2.4.9	Teor de biodiesel.....	33
2.4.10	Destilação.....	34
2.5	Documentos de Qualidade.....	35
2.6	Terminal de Distribuição	36
3	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E DISCUSSÃO.....	36
3.1	Análises Físico-Químicas	37
3.1.1	Gasolina	37
3.1.2	Etanol	42
3.1.3	Diesel	47
3.1.4	Biodiesel	52
3.2	Emissão de boletins	53
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

Com o início da Revolução Industrial, houve uma crescente exploração dos combustíveis fósseis. A necessidade de alimentar motores a vapor em locomotivas e grandes fábricas impulsionou o uso do carvão mineral como recurso primordial. No entanto, em 1961, o petróleo foi descoberto e ultrapassou o carvão como a principal fonte de energia no mundo (FARIAS; SELLITO, 2011).

A era do petróleo teve início no século XIX, quando foi encontrado petróleo durante a construção de um poço d'água a cerca de 20 metros de profundidade. Inicialmente, o petróleo era explorado para obter querosene e óleos lubrificantes, especialmente, à medida que os automóveis se popularizavam e a busca por um combustível eficiente se tornava essencial (FARIAS; SELLITO, 2011).

Com o desencadeamento da Segunda Guerra Mundial, a busca por combustíveis alternativos tornou-se ainda mais intensa, pois os automóveis e similares já estavam em plena utilização em todo o mundo, com alta demanda por combustível, peças e manutenção. No entanto, a guerra causou dificuldades de transporte e racionamento, desta forma o fornecimento destes produtos fora interrompido, levando a necessidade de procurar combustíveis alternativos e o surgimento de novas indústrias (JOSEPH JR., 2010).

Analogamente, após o término da guerra e os esforços para o reestabelecimento econômico dos países afetados, bem como o posicionamento dos Estados Unidos como potência mundial, a indústria automobilística conseguiu atingir seu auge. À medida que todos esses veículos eram movidos a gasolina ou óleo diesel, o consumo de petróleo por dia no ano de 1960 aumentou consideravelmente uma vez que o custo do combustível era bastante acessível. Entretanto, devido aos diversos conflitos que foram surgindo ao longo das décadas como a Guerra de Suez (1956), Guerra dos Seis Dias (1967), o Primeiro e o Segundo Choque do Petróleo (1973 e 1979); levaram aos países produtores, em conjunto, a cortar o volume de produção e elevar os preços dos barris a valores extremamente altos (JOSEPH JR., 2010).

Essas ações desestabilizaram a economia global. O mercado internacional reconheceu que o petróleo não poderia mais ser a única fonte de energia ou matéria-prima para a produção de combustíveis veiculares. Consequentemente, em novembro de 1975, o governo brasileiro criou o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) devido a súbita elevação dos preços do petróleo (CORTEZ, 2016). Como resultado a todos esses eventos, iniciaram-se várias pesquisas e testes com etanol, óleos vegetais, gás natural e outras substâncias, a fim de atender a toda a demanda.

Com o aumento significativo do número de veículos automotores e o consequente aumento no consumo de combustíveis ao longo dos anos, a qualidade dos combustíveis e seus derivados tornou-se uma questão global de grande relevância. Isso ocorre porque o aprimoramento desses combustíveis visa reduzir a poluição causada pelos gases de escape dos veículos (TRINDADE; STRADIOTTO, 2011).

Diante disso, as entidades governamentais, cientes desse impacto ambiental, estabeleceram regras rigorosas para proteger o meio ambiente, especialmente em relação à emissão de poluentes como o monóxido de carbono e os óxidos de nitrogênio. Como resultado, os fabricantes de veículos foram obrigados a aperfeiçoar seus motores para reduzir a emissão desses poluentes na atmosfera (TRINDADE; STRADIOTTO, 2011). Em outras palavras, as especificações dos combustíveis com alta qualidade têm impacto direto não apenas no mercado, mas também no meio ambiente.

Outrossim, essas alterações também levam à emissão de gases de combustão nocivos, como derivados de NOx e SOx, contribuindo para a poluição do ar. Esses gases, quando combinados com a umidade atmosférica, formam chuvas ácidas, causando danos ao meio ambiente. Ademais, a modificação na composição pode resultar em maior produção de monóxido de carbono, CO, um gás tóxico. É essencial considerar esses fatores ao desenvolver novas formulações de combustíveis, buscando equilibrar desempenho, eficiência e impacto ambiental (GOMES *et al.*, 2019).

Analogamente, na esfera ambiental, a agenda global, compromisso assumido por líderes de 193 países, realizou diversos tratados ao longo dos anos para tentar solucionar problemas relacionados às mudanças climáticas. Entre esses acordos, destacam-se a Conferência Rio 92, o Protocolo de Quioto e o Acordo de Paris.

Além disso, de acordo com Munhoz (2024), o acordo final da COP 28 (Conferências das Nações Unidas), da 28ª conferência do clima da Organização das Nações Unidas (ONU), foi considerado um avanço significativo no âmbito da sustentabilidade uma vez que esse acordo visa prever a redução gradual do uso de combustíveis fósseis, buscando diminuir a emissão de gases de efeito estufa, que é o principal responsável pelas mudanças climáticas no planeta.

Ademais, esse acordo defendido especialmente por ambientalistas e países mais vulneráveis ao aquecimento, estabelece o fim do uso dos combustíveis fósseis na produção de energia. Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de combustíveis a partir de fontes renováveis, visando manter o desempenho dos produtos, a eficiência e a redução do impacto no meio ambiente, aliado ao controle de qualidade.

No Brasil, a Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP) é o órgão responsável pela regulação e monitoramento da qualidade dos combustíveis. Em 1988, a ANP desenvolveu o Plano de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis (PMQC) como uma importante ferramenta para o controle de qualidade dos combustíveis vendidos no Brasil, visando reduzir o índice de falhas dos produtos vendidos (GOMES *et al.*, 2019).

Atualmente, a adulteração dos combustíveis comercializado nos postos é cada vez mais comum. Em 2023, a ANP registrou 923 autos de infrações, em todo o Brasil, por motivos de comercialização de combustíveis fora das especificações, sendo a região sudeste com a maior concentração de casos, representado 5,9% em relação ao total de ações de fiscalização.

No Brasil, os principais combustíveis mais utilizados são óleo diesel e gasolina, e o combustível renovável etanol (GARCIA, 2015). Tais produtos, após passarem por todo o processo de obtenção nas refinarias são encaminhados para os Terminais de distribuidoras.

Segundo a ANP (2020), os terminais são instalações para prestação de serviço de armazenamento ou movimentação de petróleo e seus derivados, podendo ser subdivididos em aquaviários e terrestres. Na região centro-oeste, são registradas 9 instalações de tancagem, totalizando 326.049 m³ de derivados e biocombustíveis.

As atividades desenvolvidas no estágio obrigatório estavam relacionadas com o controle de qualidade dos combustíveis como ensaios físico-químicos, emissão de boletins de conformidade e de análises, auxiliar na operação e manutenção de equipamentos e elaboração de documentação técnica rotineira.

Portanto, este trabalho descreve as atividades realizadas no decorrer do cumprimento do estágio obrigatório em um laboratório de controle de qualidade de combustíveis em um Terminal de Distribuição localizado na cidade de Rio Verde no estado de Goiás, com o objetivo de acompanhar atividades correlacionadas a qualidade dos combustíveis e seus derivados recebidos e armazenados no terminal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Petróleo

A palavra petróleo tem origem do latim *petra* (pedra) e *oleum* (óleo) no qual é constituído por uma mistura de compostos químicos orgânicos ou também conhecidos como hidrocarbonetos. Esses compostos apresentam como característica, em estado líquido, ser uma substância oleosa, inflamável, com densidade menor do que a água, com cheiro característico e cor que pode variar entre o negro e o castanho-claro (THOMAS, 2001).

O petróleo quando possui uma mistura com maior porcentagem de moléculas pequenas o estado físico é gasoso, mas quando a mistura contém moléculas maiores o estado físico é líquido, em condições normais de temperatura e pressão (MORIGAKI, 2010).

Os óleos obtidos a partir desse composto podem variar em suas características. Por exemplo, alguns são pretos, viscosos e liberam pouquíssimo ou quase nenhum gás. Em contraste, outros são castanhos ou têm uma cor mais clara, possuem baixa viscosidade e densidade e liberam uma quantidade maior de gás. Além disso, existem aqueles que produzem apenas gás (THOMAS, 2001).

No entanto, segundo Thomas (2001), o petróleo é geralmente fracionado com base nas faixas de temperatura de ebulição dos compostos. Isso ocorre porque, sendo um produto composto por centenas de substâncias químicas, é praticamente impossível separar seus componentes de forma pura. O Quadro 1 apresenta a temperatura de ebulição, a composição aproximada de carbonos (representados por C₁, C₂, ..., C_{38+¹}.) presentes em cada fração de produto a partir do petróleo e suas respectivas utilidades no dia a dia.

Quadro 1 - Frações típicas obtidas a partir do fracionamento do petróleo

FRAÇÃO	TEMPERATURA DE EBULIÇÃO (°C)	COMPOSIÇÃO APROXIMADA	USOS
Gás residual	-	C ₁ - C ₂	Gás combustível.
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	Até 40	C ₃ - C ₄	Gás combustível engarrafado (uso doméstico e industrial).
Gasolina	40 - 175	C ₅ - C ₁₀	Combustível de automóveis; solventes.
Querosene	175 - 235	C ₁₁ - C ₁₂	Iluminação; combustível de aviões a jato.
Gás - óleo leve	235 - 305	C ₁₃ - C ₁₇	Diesel; fornos.
Gás - óleo pesado	305 - 400	C ₁₈ - C ₂₅	Combustível; matéria-prima para lubrificantes.
Lubrificantes	400 - 510	C ₂₆ - C ₃₈	Óleos lubrificantes.
Resíduo	Acima de 510	C ₃₈₊	Asfalto; piche; impermeabilizantes.

Fonte: Thomas, 2001.

No Brasil, os primeiros registros pela procura do petróleo foram na região de Ilhéus, Bahia, no ano de 1858 para a pesquisa e lavra de carvão e folhetos betuminosos, e em 1864, para pesquisa e lavra de turfa e petróleo na mesma região (LUCCHESI, 1998).

¹ Os números subscritos representam a quantidade de átomos de carbono em uma molécula.

Diante disso é possível perceber que a exploração do petróleo no Brasil evoluiu significativamente ao longo dos anos uma vez que houve um aumento expressivo da demanda por derivados do petróleo e disponibilidade de recursos financeiros. Dentre os diversos eventos relacionados ao petróleo, o mais importante foi a criação da PETROBRAS, com a responsabilidade de atuação exclusiva nessa área (LUCCHESI, 1998).

Motivado pela campanha ‘O petróleo é nosso’, o presidente do Brasil Getúlio Vargas assinou a Lei nº 2.004 em 3 de outubro de 1953. Essa lei autorizou a criação da sociedade por ações Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS), sob o controle acionário da União. Diante disso, a PETROBRAS tem a função de exercer o monopólio das atividades de exploração, produção, refino e transporte de petróleo e seus derivados (MORAIS, 2013).

A instalação da PETROBRAS ocorreu em 10 de maio de 1954, com uma produção inicial de apenas 2.663 barris de petróleo por dia. Em 1963, criou-se o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento para atender às demandas tecnológicas essenciais à consolidação e expansão da empresa (MORAIS, 2013).

Durante a década de 70, iniciaram-se as buscas por petróleo no mar para atender à demanda de abastecimento do país. Como resultado desses esforços, foi descoberta a Bacia de Campos, localizada na costa norte do estado do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo. Essa bacia é a maior província petrolífera do Brasil, sendo responsável por 80% da produção nacional (MILANI *et al.*, 2001).

Nas décadas seguintes, os avanços nas explorações marítimas em águas profundas, apoiados por pesquisas aplicadas e programas de capacitação tecnológica, possibilitaram a descoberta de reservatórios no Pré-sal das Bacias de Santos e de Campos. No entanto, somente entre 2010 e 2012 foram registradas as primeiras declarações de comercialidade de campos de petróleo nessa região (PRÉ-SAL PETRÓLEO S.A., 2024).

De acordo com a PETROBRAS, em 2023, a produção no Pré-sal representou 78% da produção total da empresa. Além disso, essa produção correspondeu a mais de um terço da produção de petróleo da América Latina. Ademais, é evidente que o avanço do setor petroquímico e a ampla utilização de seus derivados resultaram na produção de centenas de novos compostos, muitos dos quais desempenham papéis essenciais em nosso cotidiano. Plásticos, borrachas sintéticas, tintas, corantes, solventes, detergentes, explosivos e muitos outros produtos são exemplos disso. Assim, o petróleo, além de ser uma fonte de combustível, tornou-se indispensável para as comodidades da vida moderna (MILANI *et al.*, 2001).

2.2 Os Combustíveis

2.2.1 Gasolina

A gasolina é o segundo combustível mais consumido no Brasil, perdendo apenas para o óleo diesel sendo ambos derivados do refino do petróleo. Ela tem como característica ser um combustível volátil, líquido e inflamável, composto por mais de 400 diferentes compostos. A gasolina é composta principalmente por hidrocarbonetos pertencentes às classes das parafinas, olefinas, naftenos e aromáticos, além de uma pequena quantidade de compostos oxigenados. Estes hidrocarbonetos têm cadeias de 4 a 12 átomos de carbono e pontos de ebulição variando entre 30 a 220°C. Além desses, a gasolina contém contaminantes tóxicos naturais em concentrações baixas, como compostos de enxofre, oxigênio, benzeno, metais e nitrogênio (CARVALHO; DANTAS FILHO, 2013).

No Brasil, as gasolinas disponíveis para comercialização são a gasolina A comum, gasolina C comum, gasolina A premium e gasolina C premium. Segundo a ANP (2020), a gasolina A é o produto sem a adição de etanol anidro em que as refinarias, centrais petroquímicas e formuladores são autorizados a produzir. Analogamente, a gasolina C é a que contém etanol anidro combustível no teor de 27% estabelecido pela legislação vigente. E a gasolina premium é aquela que possui as propriedades de octanagem (RON)² superiores às encontradas na comum, sendo mais indicada para veículos que precisam ou exigem combustível com maior octanagem.

A ANP estabelece, por meio da Resolução nº807 (2020), as especificações da gasolina de uso automotivo e as obrigações que devem ser seguidas pelos fornecedores desse produto em todo o território nacional. Desta forma, busca assegurar que a gasolina comercializada atenda aos padrões de qualidade exigidos garantindo um combustível confiável e seguro para os veículos automotores.

Essa resolução define parâmetros rigorosos para garantir a qualidade da gasolina desde o início da produção até o consumo. Ela abrange aspectos como a composição química, a octanagem, a presença de marcadores e a adição de etanol anidro. Além disso, a ANP estabelece os ensaios físico-químicos necessários para verificar a conformidade do produto com as especificações.

Em 20 de fevereiro de 1931, o governo brasileiro, através do Decreto Federal nº19.717, tornou obrigatória a adição de 5% de etanol anidro à gasolina de procedência estrangeira. Mas foi apenas, em 1970, através do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) que houve a

² Research Octane Number – índice que mede a resistência da gasolina à detonação.

introdução do álcool etílico a matriz energética uma vez que durante esse período ocorreu um forte impacto nas finanças públicas devido ao aumento no preço do petróleo (CORTEZ, 2016).

Diante disso, o governo resolveu oficializar e integrar na matriz energética do país. Inicialmente, o Proálcool não tinha um objetivo claro de como o álcool deveria ser usado, mas sabia-se que o para adicioná-lo na gasolina A o etanol deveria ser do tipo anidro (JOSEPH JR, 2010).

No entanto, pela falta de conhecimento, o Conselho Nacional do Petróleo (CNP), o órgão que era responsável pelas especificações técnicas dos combustíveis da época, não adotou limites para a mistura que pudessem inibir as mudanças significativas na qualidade final da gasolina. Assim, após inúmeras tentativas, o CNP começou a adotar especificações mais adequada para a mistura da gasolina determinando valores máximos e mínimos para o teor de anidro (JOSEPH JR, 2010).

2.2.2 Etanol

O etanol, também conhecido como álcool etílico, é uma substância orgânica com fórmula molecular C_2H_5OH . Essa substância é classificada como álcool primário, o que significa que o átomo de carbono ligado ao grupo hidroxila está unido somente a um átomo de carbono. O etanol é um álcool saturado, com ligações simples entre dois átomos de carbono (MOURA *et al.*, 2012).

Em relação ao etanol, de acordo com a ANP (2022), é importante diferenciar o etanol anidro do etanol hidratado. O etanol anidro é o álcool com maior pureza e contém baixíssima quantidade de água (em torno de 0,5%). Ele é usado como componente de mistura na gasolina do tipo C. O etanol hidratado é composto por 92,5 a 95,4% de álcool e o restante de água sendo destinado à utilização direta em motores a combustão interna.

O etanol pode ser produzido através de diversas matérias-primas seja renovável ou fósseis, sendo em grande parte pelas renováveis. Apesar dessa grande variedade de matérias-primas, mais de 90% da produção mundial é a partir do milho e da cana-de-açúcar. O Brasil é pioneiro na utilização em larga escala de etanol combustível desde o fim da década de 1970 (RODRIGUES; ROSS, 2020).

No ano de 1933, durante o governo de Getúlio Vargas, criou-se o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) uma vez que o uso do álcool da cana-de-açúcar poderia ser uma ajuda para os produtores de açúcar que enfrentavam uma crise no setor açucareiro, e simultaneamente, reduziria o consumo de gasolina importada no país. Diante disso, em 22 de setembro de 1942,

o governo declarou a indústria alcooleira de interesse nacional e passou a estabelecer preço mínimo para o produto, fomentando o mercado do álcool (CORTEZ, 2016).

O governo brasileiro criou o Proálcool, em 1975, por meio do Decreto nº 76.593. O Brasil que já era um relevante produtor açucareiro, cresceu significativamente a sua produção, saindo de 600 milhões de litros por ano para 3,4 bilhões de litros/ano entre os anos 1979/80. Durante a segunda fase do Proálcool (1979-1985), o álcool hidratado passou a ser produzido e, assim, a produção cresceu chegando a 11,8 bilhões de litros na safra (CORTEZ, 2016).

A década de 1970, foi um período muito importante para o etanol, uma vez que houveram relevantes estudos para o motor a álcool. Urbano Ernesto Stumpf foi considerado o “Pai do motor a álcool no Brasil” visto que foi o pioneiro no desenvolvimento do motor a álcool brasileiro, seguido por uma geração de engenheiros que contribuíram para que esse projeto se concretizasse (ALCARDE, 2008).

A ANP (2022) estabelece, por meio da Resolução nº907 as especificações do etanol combustível e as regras de comercialização no Brasil. Sendo assim, tal resolução visa garantir a qualidade e a segurança do etanol distribuído, além de contribuir para o setor de biocombustíveis e o meio ambiente. As especificações abrangem os dois tipos de etanol, anidro e hidratado. Elas detalham características físico-químicas, como teor alcoólico, acidez, densidade e impurezas. Além disso, a resolução traz definições importantes e impõe obrigações quanto ao controle de qualidade.

2.2.3 Diesel

De acordo com ANP (2020), “o óleo diesel é um combustível líquido derivado de petróleo, composto por hidrocarbonetos com cadeias longas de 8 a 16 carbonos e, em menor proporção, nitrogênio, enxofre e oxigênio”. Esse combustível é usado principalmente nos motores ciclo diesel, em veículos rodoviários, ferroviários e marítimos, e em geradores de energia elétrica. Além disso, dentre os combustíveis derivados do petróleo, o diesel é o mais utilizado ficando a gasolina em segundo lugar (CARVALHO; DANTAS FILHO, 2013).

No Brasil, a ANP (2013) estabelece diferentes tipos de óleo diesel para atender às diversas necessidades de aplicação. O óleo diesel S10 e S500 são indicados para uso rodoviário, o S1800 é destinado a aplicações não rodoviárias, o diesel marítimo A e B (DMA/DMB) é recomendado para uso marítimo. Esses tipos de óleo diesel se dividem em duas categorias, A e B. O diesel A é produzido nas refinarias, centrais petroquímicas e formuladores autorizados, sem adição de biodiesel. Já o diesel B é aquele que contém biodiesel conforme determina o

Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), atualmente, sendo o teor de 14% na mistura (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, 2024).

Ademais, o diesel é nomeado de acordo com o teor máximo de enxofre, ou seja, o óleo diesel A S10 e B S10 são combustíveis com teor de enxofre de 10 mg/kg, máximo. E os S500, A e B, são os que contêm teor máximo de 500 mg/kg de enxofre. A Resolução ANP nº 50 (2013) é um importante marco regulatório que trata das especificações do óleo diesel de uso rodoviário e suas regras de comercialização em todo o território nacional.

Essa resolução tem como objetivo regulamentar as especificações do óleo diesel de uso rodoviário. Além disso, estabelece as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o país. Ela também prevê a possibilidade de auditoria da qualidade realizada pela ANP ou entidades credenciadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). Essa auditoria verifica os procedimentos e equipamentos de medição que impactam a qualidade e a confiabilidade dos serviços relacionados ao óleo diesel.

2.2.4 Biodiesel

Segundo a *American Society for Testing and Materials*(ASTM) D6751 (2020), o biodiesel é definido como “ésteres monoalquílicos de ácidos graxos de cadeia longa derivados de lipídeos renováveis, tais como os óleos vegetais ou gorduras animais que são usadas em motores diesel.”

O biodiesel representa uma alternativa energética sustentável e eficaz. Ele oferece vários benefícios, incluindo a compatibilidade com motores a diesel já existentes, mantendo a performance e a longevidade similares ao diesel tradicional. Além disso, é seguro para o meio ambiente, não é tóxico e ajuda a diminuir a liberação de emissões prejudiciais, como fumaça visível e cheiros fortes (RAMOS *et al*, 2003).

A Resolução ANP nº 45 (2013), regulamenta as especificações do biodiesel e as responsabilidades relacionadas ao seu controle de qualidade que devem ser cumpridas pelos agentes de mercado que operam com este produto no Brasil. A resolução determina os padrões e critérios necessários para que o biodiesel seja considerado apto para consumo, assegurando a sua qualidade e confiabilidade.

A indústria global de biodiesel vem experimentando uma expansão significativa nos anos recentes. Esse avanço é atribuído ao encarecimento do petróleo e à procura crescente por alternativas energéticas sustentáveis. Como resultado, as grandes nações foram motivadas a aumentar a presença desses biocombustíveis em suas configurações energéticas (RAMOS *et al*,

2003). O setor está vivenciando um avanço acelerado, impulsionado pelo incremento na produção, o qual foi estimulado pela legislação que determina a mistura de 14% de biodiesel ao diesel convencional, conforme determinado pelo CNPE.

No Brasil, as alternativas de produção de óleos vegetais são diversas, sendo um diferencial para a estruturação do programa de produção e uso do biodiesel no país. No entanto, dentre as diversidades na produção, merece destaque para o óleo de soja no qual representa 90% da produção brasileira de óleos vegetais (ABREU; VIEIRA; RAMOS, 2006).

Durante a década de 1920, o Brasil começou a explorar combustíveis alternativos com o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) conduzindo experimentos em motores. Avançando para 1970, o INT e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) colaboraram em iniciativas para usar óleos vegetais como combustíveis. Nas décadas de 1980 e 1983, o governo introduziu os programas PRODIESEL e OVEG (Programa Nacional de Óleos Vegetais) para promover o uso de óleos vegetais. Contudo, o interesse do governo pelo biodiesel ganhou força somente após o ano 2000, inspirado por programas internacionais que incentivavam sua produção e uso (LORA; VENTURINI, 2012).

Em 2004, o Brasil deu um grande passo com a criação do Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB), marcando o início do desenvolvimento dessa indústria no país. O programa foi estruturado em torno de três pilares principais: a sustentabilidade com foco na inclusão social, a garantia de preços competitivos com qualidade e disponibilidade do produto, e a diversificação das fontes de oleaginosas, aproveitando as distintas regiões agrícolas brasileiras (LORA; VENTURINI, 2012).

2.3 Legislações e Normas Técnicas

A ANP, ligada ao Ministério de Minas e Energia (MME), é a entidade responsável pela regulamentação do setor de combustíveis no Brasil. Ela busca assegurar a qualidade dos combustíveis vendidos, a segurança das operações e a conformidade com as leis ambientais, por meio de regulamentos estabelecidos em portarias, resoluções e normativas.

Quanto aos principais combustíveis do país - etanol, gasolina, diesel e biodiesel - a ANP impõe regulamentos e padrões técnicos que produtores, distribuidores e revendedores devem obedecer. Estas normas têm o objetivo de manter a qualidade dos produtos, estimular a competição justa e proteger os interesses dos consumidores.

Além disso, a ANP supervisiona toda a cadeia de produção de combustíveis, desde a extração até a venda final. Empresas que violam as regras podem enfrentar sanções, incluindo multas, suspensão de atividades ou revogação da licença para operar no mercado.

2.4 Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas envolvem uma série de testes realizados em amostras de diversos materiais e produtos, neste caso, os combustíveis. O principal objetivo dessas análises é examinar as propriedades físicas e químicas do produto. Esses testes permitem obter informações valiosas que definem as características do produto.

No contexto dos combustíveis, essas análises são utilizadas para detectar a presença de contaminantes e para confirmar se a amostra está de acordo com os padrões e normas em vigor. De acordo com as legislações específicas para cada tipo de combustível, são realizados testes de cor, aspecto, massa específica, teor de água, condutividade elétrica, pH, ponto de fulgor, teor de metanol, teor de etanol anidro, teor alcoólico e de hidrocarbonetos, teor de biodiesel e destilação. Ante o exposto, tais ensaios são detalhados a seguir:

2.4.1 Cor e aspecto

A cor e o aspecto dos combustíveis são fatores cruciais na análise físico-química para o controle de qualidade. A variação na cor dos combustíveis é resultado de sua composição, processo de produção e aditivos adicionados. Esses são métodos visuais e indicam de forma rápida se há alguma contaminação visual como a presença de material particulado ou água livre (COSTA JÚNIOR, 2021). Em relação ao aspecto, a ANP (2020) estabelece que os combustíveis devem ser límpidos e livres de impurezas. Além disso, na amostra analisada é observada a presença ou ausência de água livre.

A gasolina comum, de acordo com a Resolução nº807 (2020) da ANP, deve ter uma coloração que varia de incolor a amarelada. A gasolina premium, embora tenha maior octanagem, não difere em cor. A gasolina aditivada, por outro lado, geralmente contém corantes, sendo a cor verde a mais comum. No entanto, a cor azul é reservada exclusivamente para a gasolina de aviação (ON PETRO COMBUSTÍVEIS, 2024).

Além das gasolinas, outros combustíveis também apresentam diferenças de coloração. O etanol anidro é laranja após a adição do corante, enquanto que para o hidratado o mais comum é ser incolor. A Resolução N°907 (ANP, 2022) determina que o álcool etílico hidratado não deve ter as cores laranja e azul, que são exclusivas do etanol anidro combustível (EAC) e da gasolina de aviação, respectivamente.

Os combustíveis diesel S10 e S500 têm cores mais escuras. O S10 pode variar de amarelo escuro a marrom, enquanto o S500 deve ser vermelho, conforme determinado pela Resolução N°50 (ANP, 2013). Essa diferenciação de cores tem como objetivo evitar confusões

entre os combustíveis S10 e S500, uma vez que já ocorreram episódios desse tipo no passado (ON PETRO COMBUSTÍVEIS, 2024). Ademais, a Resolução N° 45 (ANP, 2013) não estabelece o parâmetro da cor para o biodiesel. O Quadro 2 é apresentado de forma objetiva as cores para cada tipo de combustível e a respectiva resolução na qual essa coloração é especificada.

Quadro 2 – Resoluções e colorações dos combustíveis

COMBUSTÍVEL	COR	RESOLUÇÃO
Etanol Anidro Combustível	Laranja	Resolução N° 907 e 828
Etanol Hidratado Combustível	Exceto azul e laranja	Resolução N° 907 e 828
Gasolina A	Incolor a amarelada	Resolução N° 807 e 828
Gasolina C	Amarelo	Resolução N° 807 e 828
S10 A	Amarelo esverdeado	Resolução N° 50
S10 B	Marrom a laranja	Resolução N° 50
S500 A	Vermelho	Resolução N° 50
S500 B	Vermelho	Resolução N° 50
Biodiesel (B100)	-	Resolução N° 45

Fonte: Autoria própria

2.4.2 Densidade

A massa específica é definida como a massa de um líquido por uma unidade de volume a uma dada temperatura de referência (OLIVEIRA; MELO FILHO; AFONSO, 2013). Analogamente, é uma propriedade importante uma vez que é por meio dela que é possível indicar a composição do combustível. As densidades dos constituintes individuais do combustível contribuem para sua massa específica (COSTA JÚNIOR, 2021).

Diante disso, de modo geral, os motores são projetados para operar com combustíveis de uma densidade específica. Se um combustível com uma massa específica maior do que a prevista for introduzida no motor, pode resultar numa mistura rica de ar e combustível, causando uma combustão incompleta e a produção de poluentes como hidrocarbonetos e monóxido de carbono. Por outro lado, a injeção de um combustível com uma densidade abaixo do limite pode resultar numa mistura pobre, o que pode levar à perda de potência do motor e ao aumento do consumo de combustível (COSTA JÚNIOR, 2021).

Conforme a Resolução n°907 (ANP, 2022), a massa específica das gasolinas e dos etanóis à 20°C, deve estar dentro dos parâmetros de 688,9 a 715,0 kg/m³ e de 791,5 a 811,2 kg/m³, respectivamente. Para o diesel e o biodiesel, os valores devem estar entre 815,0 a 850,0

kg/m³ e 850,0 a 900,0 kg/m³, respectivamente. A Tabela 1 apresenta a densidade de cada tipo de combustível, de acordo com a legislação atual.

Tabela 1 - Massa específica dos combustíveis a temperatura de 20°C

Combustível	Unidade	Massa específica a 20°C	Norma Técnica
Gasolina A	kg/m ³	min. 688,9	NBR 7148
Gasolina C	kg/m ³	min. 715,0	NBR 7148
Etanol Anidro Combustível	kg/m ³	máx. 791,5	NBR 10547
Etanol Hidratado Combustível	kg/m ³	802,9 a 811,2	NBR 10547
S10 A	kg/m ³	815,0 a 850,0	NBR 7148
S10 B	kg/m ³	815,0 a 865,0	NBR 7148
S500 A	kg/m ³	815,0 a 865,0	NBR 7148
S500 B	kg/m ³	815,0 a 865,0	NBR 7148
Biodiesel (B100)	kg/m ³	850,0 a 900,0	NBR 7148

Fonte: Autoria própria

2.4.3 Teor de água

De acordo com ASTM D6304 (2016), conhecer o teor de água de óleos, aditivos e produtos similares é importante para a fabricação, compra, venda ou transferência de tais produtos petrolíferos para ajudar a prever suas propriedades de qualidade e desempenho.

Além disso, a análise do teor de água em diesel e biodiesel são cruciais uma vez que altos níveis de água podem levar à formação de ácidos graxos livres, hidrólise do biodiesel e redução da eficiência do combustível. Analogamente, a elevada quantidade de água pode causar problemas de segurança durante o armazenamento e transporte, além de ir contra o determinado pela especificação (DABDOUB; BRONZEL; RAMPIN, 2009).

No Brasil, através da Resolução N°45(ANP,2014) define que o conteúdo máximo de água para o biodiesel é de 200 mg/kg. Contudo, para propósitos de inspeção, é permitida uma variação adicional de 50 mg/kg para o produtor e 150 mg/kg para o distribuidor. Além disso, o diesel S10, tipos A e B, tem um limite máximo de água de 200 mg/kg, enquanto para o diesel S500, tipos A e B, o limite é de 500 mg/kg, conforme estabelecido na Resolução N°50 (ANP, 2013).

2.4.4 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade de um material conduzir a corrente elétrica por íons presentes em solução (ABNT, 2016). Segundo a norma D2624, da ASTM (2015), a habilidade de um combustível para dispersar a carga elétrica acumulada durante processos de bombeamento e filtragem é regulada pela sua condutividade elétrica, que é influenciada pela

quantidade de íons presente. Caso a condutividade atinja um nível adequado, as cargas elétricas são dissipadas de forma eficiente, prevenindo o acúmulo excessivo e a formação potencial perigosamente elevados no tanque receptor. Considerando que a acumulação desse potencial pode causar acidentes nos Terminais, caminhões tanques e similares.

Diante disso, a ANP estabelece para os combustíveis através das resoluções limites máximos ou mínimos, a depender do produto. Desse modo, para o etanol anidro e hidratado, a Resolução N°907 (2022) determina o valor máximo de 300 $\mu\text{S}/\text{m}$. E para os diesel, o mínimo de 25 $\rho\text{S}/\text{m}$, especificado nas Resoluções N° 50 (2013) e N° 909 (2022). No entanto, para as gasolinas e biodiesel esse ensaio não é realizado visto que as legislações não exigem este parâmetro para o seu controle da qualidade.

2.4.5 Concentração de íons hidrogênio (pH)

De acordo com Brown e Holme (2021), o pH é definido como “o negativo do logaritmo da concentração do íon hidrônio”, e através da escala de pH é possível medir, de forma mais simples, a acidez ou basicidade relativa de soluções aquosas. Sendo assim, o pH é uma escala que mede se o combustível está ácido, alcalino ou neutro.

De acordo com a Resolução N° 907 (ANP,2022), o etanol hidratado combustível deve estar com o pH entre 6,0 e 8,0. Esse limite visa prevenir a corrosão na cadeia produtiva de combustíveis, que pode levar à corrosão de componentes metálicos durante a produção, transporte e utilização do motor (CORTEZ, 2016). Vale ressaltar que essa análise é realizada somente para o álcool hidratado.

Além disso, a comercialização de produtos fora da especificação pode acarretar interdição do posto revendedor e multas que podem variar de R\$ 20.000,00 a R\$ 5.000.000,00 pela ANP ou até mesmo o fechamento de postos (ANP, 2011).

2.4.6 Ponto de fulgor

O ponto de fulgor é a temperatura na qual o combustível inicia a combustão ao entrar em contato com uma fonte de energia externa. No entanto, o ponto de fulgor não é suficiente para que a combustão seja mantida (LORA; VENTURINI, 2012). É um parâmetro importante para a segurança no manuseio e armazenamento de substâncias inflamáveis, uma vez que determina o risco de ignição e explosão.

Essa análise é essencial no controle de qualidade dos combustíveis uma vez que além de avaliar a inflamabilidade e combustibilidade do produto, é possível identificar a contaminação do combustível por produtos mais voláteis ou não voláteis (ABNT, 2012). O

ponto de fulgor do biodiesel e diesel é da ordem mínima de 100 °C e 38 °C, respectivamente. (ANP, 2014; ANP, 2013). No entanto, no caso da gasolina e do etanol, esse ensaio não é realizado, pois a legislação não requer esse parâmetro para o controle de qualidade.

2.4.7 Teor de etanol anidro

A determinação do teor de etanol anidro na gasolina é um importante instrumento no controle de qualidade deste combustível visto que por meio dele é possível garantir que a gasolina esteja de acordo com as especificações vigentes, além de prevenir problemas como a corrosão do motor e a redução da eficiência do combustível. No Brasil, a Resolução N°807 (ANP, 2020) determina que a gasolina comum deve ter 27% de álcool e a premium, 25%. O teste do teor de anidro da gasolina, ou também “teste da proveta”, é estabelecido pela NBR 13992, da ABNT³ (2015).

Diante disso, a determinação da composição do combustível torna-se imprescindível para o consumidor uma vez que as tentativas de adulteração com solvente orgânico podem prejudicar os motores dos automóveis, além da formação de poluentes que prejudicam as condições de vida humana e animal.

A ausência ou excesso de etanol na gasolina, em comparação com os padrões definidos pela ANP, prejudica a qualidade do combustível fornecido aos usuários. O uso de gasolina adulterada pode levar a vários problemas nos veículos, que resultará em necessidade de manutenção mais frequente, acúmulo de resíduos no sistema de combustível, perda de potência, e um aumento no consumo de combustível. Isso acaba resultando em um maior gasto financeiro, tanto em relação ao consumo de combustível quanto à manutenção do veículo (NASCIMENTO *et al.*, 2021).

2.4.8 Teor alcoólico, de hidrocarbonetos e metanol

Outros testes importantes para o controle da qualidade dos combustíveis são os ensaios de teor alcoólico, teor de hidrocarbonetos e teor de metanol. Tais análises são realizadas no etanol anidro e hidratado, com exceção do teste de metanol que também é realizado na gasolina C.

O teor alcoólico é a proporção, seja em massa (% m/m) ou em volume (% v/v), de etanol presente no combustível de etanol. O método para determinar a densidade e o conteúdo de álcool do etanol combustível é estabelecido pela norma ABNT NBR 5992 (2016). O etanol

³ Associação Brasileira de Normas Técnicas.

anidro deve ter um mínimo de 99,3% m/m de etanol, enquanto o etanol hidratado deve ter entre 92,5% e 96,5% m/m de etanol (ANP, 2022).

Ademais, o combustível com teor alcoólico inferior ao especificado, por adição de água, pode comprometer os componentes do veículo, dificultar a ignição e levar à diminuição do desempenho do motor (FARIA, 2019).

Analogamente, o teste do teor de hidrocarbonetos em etanol hidratado é um procedimento importante para garantir a qualidade do combustível, sendo assim, crucial para determinar que esteja dentro das especificações necessárias para o uso seguro e eficiente do combustível. Além disso, a presença de hidrocarbonetos pode indicar a contaminação do etanol, o que pode acarretar o desempenho negativo do combustível e potencialmente danificar o motor. De acordo com a legislação vigente, o teor de hidrocarboneto máximo é de 3% do volume total (ANP, 2022).

Outrossim, a ABNT estabeleceu na norma NBR 16943 (2021), o método para detecção do metanol em combustíveis no qual é realizado de maneira mais rápida e precisa, facilitando o ensaio e gerando maior economia para o processo de análise.

O metanol, além de tóxico, não é regulamentado pela ANP como combustível. A necessidade da mensuração desse composto é devida as práticas de adulteração do combustível com a adição do composto uma vez que é mais barato em relação ao etanol (MARTINS; MONTENEGRO; SUAREZ, 2014). Outrossim, a ANP estipula a quantidade máxima de 0,5% de metanol em etanol e gasolina C (ANP,2022; ANP,2020).

2.4.9 Teor de biodiesel

No ano de 2004, a mistura do biodiesel ao diesel teve início de caráter experimental, e somente em 2005, que passou a ser obrigatória por meio do artigo 2º da Lei nº 1.097 (BRASIL, 2005), que introduziu o biodiesel a matriz energética brasileira. Em janeiro de 2008, entrou em vigor a mistura legalmente obrigatória de 2% de biodiesel, em todo o território nacional.

Com o desenvolvimento do mercado brasileiro, o percentual de biodiesel adicionado ao diesel foi sucessivamente ampliado pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Começando com 4% em 2009, essa proporção foi aumentando ano a ano, chegando a 12% em 2020. Além disso, a partir de 1º de abril de 2023, a mistura de biodiesel no diesel passou de 10% para 12%, e a previsão é que continue aumentando nos próximos anos, atingindo 15% em 2026. Essa medida visa reduzir a importação de óleo diesel e contribuir para a descarbonização do ciclo diesel (ANP, 2020).

A especificação do biodiesel tem passado por constantes melhorias ao longo do tempo. Isso tem permitido que ele esteja em conformidade com os padrões internacionais e que sua qualidade esteja alinhada com as demandas do mercado brasileiro. Esses avanços têm proporcionado mais segurança e previsibilidade para os setores econômicos envolvidos.

Em dezembro de 2023, O CNPE decidiu em reunião extraordinária o aumento do teor de biodiesel de 12% para 14%. A expectativa de atingir o percentual de 15%, o teto previsto na legislação vigente, está previsto para março de 2025 (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, 2024). A inclusão do biodiesel na mistura de diesel tem vários benefícios, incluindo a redução das emissões de gases de efeito estufa, a diminuição da dependência de combustíveis fósseis e o estímulo à economia local através da produção de biodiesel (ZADIE, 2024).

2.4.10 Destilação

A destilação é um processo de separação de misturas homogêneas. Esse processo baseia-se na diferença de pontos de ebulição entre as substâncias. Analogamente, em características de destilação de hidrocarbonetos tem um efeito importante em termos de segurança e desempenho, principalmente em combustíveis e solventes. A faixa de ebulição fornece informações sobre a composição, propriedades e condições do combustível durante o armazenamento e uso. E a volatilidade é o principal fator que determina a tendência de uma mistura de hidrocarbonetos produzir vapores potencialmente explosivos (ABNT, 2009).

As propriedades da destilação são de extrema importância para os tipos de gasolina, sejam para automóveis ou aviação, influenciando a ignição, o aquecimento e a tendência de entupimento por vapor em condições de alta temperatura e/ou grande altitude. Soma-se a isso, a presença de compostos de alto ponto de ebulição nesses e em outros combustíveis pode ter um impacto significativo na quantidade de depósitos sólidos gerados durante a queima (ABNT, 2009).

De acordo com Norma NBR 9619 (ABNT, 2009), o ensaio da destilação consiste em um volume de 100 mL da amostra que será destilado sob condições indicadas para cada combustível. Durante o processo de destilação, devem ser registrados leituras de temperatura e volumes de condensado, determinado nas resoluções. Além disso, ao final da destilação, as temperaturas de vapor devem ser corrigidas em relação a pressão barométrica.

Em relação a amostragem, para a gasolina deve-se condicionar a amostra e o balão a uma temperatura inferior a 10 °C e o balão deve ser vedado, e para o diesel deve-se condicionar a amostra à temperatura ambiente e vedar o balão. A Tabela 2 apresenta os pontos de volume

evaporados em que devem ser realizados a leitura de temperatura e os limites mínimos e máximos para cada combustível.

Tabela 2 – Limites máximos e mínimos das temperaturas na destilação dos combustíveis

Destilação	Temperaturas (°C)					
	10% vol. recuperados, mín.	50% vol. recuperados, mín.	85% vol. recuperados, máx.	90% vol. recuperados, mín.	Ponto Final Ebulição (PFE)	Resíduo, máx. (% volume)
Gasolina A	65,0	77,0 a 120,0	-	215,0	215,0	2,0
Gasolina C	65,0	máx. 80,0	-	190,0	215,0	2,0
S10A	180,0	245,0 a 295,0	-	Anotar ^a	-	-
S10B	180,0	245,0 a 295,0	-	Anotar	-	-
S500A	Anotar	245,0 a 310,0	360	Anotar	-	-
S500B	Anotar	245,0 a 310,0	360	Anotar	-	-

^a Nesse ponto de volume recuperado para os diesel, a normativa não define limites máximos ou mínimos, apenas requer que a temperatura seja registrada. O mesmo vale para os pontos onde está registrado “anotar”.

Fonte: ANP, 2013; ANP, 2020.

2.5 Documentos de Qualidade

O Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis (PMQC) da ANP foi criado em 1988 para atender ao artigo 8º da Lei nº 9.478 (1997), relacionado principalmente à garantia da qualidade e ao fornecimento de combustíveis ao mercado interno.

O PMQC monitora indicadores gerais de qualidade dos combustíveis comercializados no Brasil com o objetivo de identificar áreas de não conformidade e orientar e aprimorar áreas de regulação do abastecimento. O programa monitora a qualidade e a padronização dos serviços prestados pelos laboratórios, orientando os laboratórios a adotarem a norma BR ISO IEC 17025 (2017), que estabelece requisitos para testes de equipamentos e certificação de calibração (ANP, 2022).

Diante disso, para monitoramento do controle de qualidade dos combustíveis são emitidos documentos de qualidade contendo as características e parâmetros do produto com base em testes realizados em laboratório. Esses documentos incluem boletins de conformidade e boletins de análise.

A Resolução nº 828 (ANP, 2020) define boletim de conformidade como documento de qualidade que apresenta o resultado da análise físico-química determinada para o combustível necessário à distribuição. Já o boletim de análise é um documento de qualidade emitido pelo laboratório vinculado à entidade econômica que contém os ensaios físico-químicos contendo os resultados parciais ou totais realizados (ANP, 2020).

Os boletins de análise podem conter laudos de reprovação devido a determinado parâmetro estarem fora da especificação da amostra analisada. Além disso, esses boletins podem fornecer dados para apenas um ou mais combustíveis, dependendo das necessidades do contratante do laboratório.

2.6 Terminal de Distribuição

De acordo com a Resolução nº 828 (ANP, 2020), um Terminal é uma instalação autorizada pela ANP para receber, expedir e armazenar combustíveis.

Inicialmente, na produção de petróleo, existem duas categorias principais de trabalho: *offshore* e *onshore*. O trabalho *onshore* é realizado em terra firme, em instalações como refinarias e terminais de petróleo e gás. Por outro lado, a produção *offshore* envolve atividades em plataformas de petróleo e gás situadas no mar, geralmente a uma distância considerável da costa (SOUZA, 2024).

A produção de petróleo *offshore* e *onshore* é transportada dos campos até os terminais ou refinarias diretamente. Os combustíveis líquidos produzidos nas refinarias podem ser entregues diretamente às distribuidoras por dutos ou enviados para outros terminais por modal dutoviário, ferroviário ou aquaviários (ANP, 2020).

Além disso, os biocombustíveis líquidos, após serem produzidos nas usinas de etanol e plantas de biodiesel, podem ser movimentados diretamente pelos produtores para as distribuidoras ou entregues em terminais. Em seguida, esses biocombustíveis são entregues às distribuidoras ou exportados (ANP, 2020).

Os tanques armazenam combustíveis em sua forma pura, sendo os produtos gasolina A, etanol anidro, etanol hidratado e óleo diesel A S500 e S10. A produção da gasolina C, ou seja, a adição do etanol anidro à gasolina A, é realizada no momento do carregamento do caminhão que é enviado aos postos. E o mesmo procedimento se aplica ao óleo diesel B S500 e S10 com adição de biodiesel (ANP, 2015).

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E DISCUSSÃO

Nesta seção, será abordado primeiramente as análises físico-químicas conduzidas para cada tipo de combustível no laboratório. Além disso, será explicado quais ensaios são realizadas durante o processo de descarregamento do combustível no Terminal de Distribuição e quais são essenciais para o controle diário de qualidade. Em seguida, será elucidado o procedimento de emissão dos boletins e a forma como as empresas contratantes do laboratório acompanham os laudos.

Primeiramente, este capítulo descreverá as atividades realizadas ao longo do estágio. O aprendizado adquirido durante os seis meses de estágio será detalhado de forma sequencial, cobrindo desde o início até a conclusão do período. Finalmente, serão apresentadas as discussões pertinentes.

3.1 Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas realizadas no laboratório de controle de qualidade são várias, no entanto, quando relacionadas ao descarregamento de combustível, ou seja, a chegada do produto no Terminal de Distribuição para que seja realizado o seu armazenamento, é necessário que seja ensaios mais simples e rápidos para que não comprometa a dinâmica do Terminal. No entanto, quando associado ao controle de qualidade dos tanques, ou seja, dos produtos que já estão na base são realizados os ensaios completos que são determinados nas resoluções para a emissão do boletim de conformidade.

Ademais, para melhor compreensão dos procedimentos, vale salientar que para o controle de registro das amostras cada combustível tem-se um caderno de recepção no qual são registrados os dados como data, hora, placa do veículo, capacidade do caminhão, temperatura do tanque, temperatura da amostra, densidade aferida, massa específica a 20 °C, fator de conversão, cor e aspecto das amostras. E para o registro das análises realizadas para emissão de boletins há um caderno de “Boletim de Conformidade” no qual contém todos os ensaios necessários de serem feitos e o local para anotar os resultados obtidos. Esse caderno é feito sob cópia controlada, e sendo um para cada mês.

3.1.1 Gasolina

Inicialmente, em caso de amostragem de descarregamento do produto, são feitos os ensaios de massa específica, cor, aspecto, teor de etanol anidro e destilação. A amostra é entregue no laboratório junto a ordem de descarregamento no qual irá constar as informações de qual produto, placa do veículo, nome do motorista, em alguns casos o boletim de conformidade, e o local de onde está vindo o combustível. Vale ressaltar que essa etapa inicial de identificação é feita para todos os combustíveis.

Em seguida, são registrados nos cadernos de recepção, primeiramente, a hora e data de recebimento do produto no laboratório, o fornecedor, placa e temperatura do tanque, lembrando que todos esses dados estão presente na ordem de descarregamento. A amostra é identificada com os dados da placa, fornecedor, produto e data, vale ressaltar que os frascos são entregues lacrados conforme determinado na legislação.

Em seguida, a amostra da gasolina A é colocada em uma proveta de vidro de 1000 mL, após ter sido ambientada. Primeiramente, é observado a cor do combustível, e o aspecto, se a amostra está turva ou límpida, se há presença de água livre ou não e a presença de material particulado. A Figura 1 apresenta uma amostra de gasolina A na proveta para a análise inicial do aspecto e cor.

Figura 1 - Amostra de gasolina A retirada do tanque de armazenamento do Terminal



Fonte: Autoria própria

Para a análise da massa específica é utilizado o densímetro e termômetro conforme as especificações da Portaria do INMETRO n° 288 (2012) ou ISO 649-1(1981). O termômetro utilizado é o da faixa de -20 °C a +102 °C com um intervalo de graduação de 0,2 com erro de escala de $\pm 0,15$. Após a leitura da densidade e da temperatura, é feito o registro no caderno de recepção da gasolina, e feita a conversão da massa específica a 20°C e o fator de correção utilizando a tabela da ASTM D1250 (2020) e na Resolução ANP n°894 (2022). Nessa etapa de correção é usada uma planilha no Excel na qual consta as fórmulas, uma forma de otimizar os ensaios, a liberação das ordens de descarregamento e os boletins de conformidade. A Figura 2 apresenta uma amostra de gasolina C.

Figura 2 - Amostra da gasolina C retira do carregamento do caminhão-tanque



Fonte: Autoria própria

A gasolina passa pelo processo de destilação uma vez que por meio desse ensaio é possível determinar a composição, propriedades e condições do combustível durante o armazenamento e uso. Para realizar esse ensaio é necessário que a amostra seja resfriada a uma temperatura inferior de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, o banho do condensador deve estar a uma temperatura inferior a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, para isso tem-se o auxílio do gelo; o balão de destilação, proveta de 100 mL e um becker com água no qual todos devem estar sob condições frias. A Figura 3 apresenta o equipamento utilizado para a realizar a destilação na gasolina A.

Figura 3 – Equipamento para realizar o processo de destilação da gasolina A do tanque de armazenamento do Terminal



Fonte: Autoria própria

Em sequência, é medido 100 mL da amostra na proveta e passada para o balão que deve ser colocado em seu topo um termômetro para que seja possível realizar a leitura nos pontos 10%, 50%, 90% de volume evaporados e no ponto final de ebulição. Depois de finalizado o processo de destilação é feita a conversão das temperaturas utilizando a pressão barométrica no momento da análise e realizada o registro do resíduo. A Equação 1 apresenta a correção da temperatura observada na destilação realizada conforme determinada na norma ABNT NBR 9619 (2009).

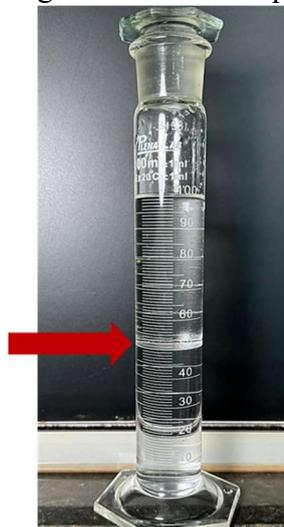
$$C_c = 0,0009 (101,3 - P_k)(273 + t_c) \quad \text{Equação (1)}$$

Fonte: ABNT, 2009

Sendo, C_c é a correção que deve ser adicionada algebricamente à leitura de temperatura observada; P_k é a pressão barométrica que ocorre no local durante o ensaio em quilopascal (kPa); e t_c é a temperatura observada. Para tornar o processo de correção mais rápido, é usado as planilhas do Excel para auxiliar.

A última análise realizada para liberar gasolina para descarregamento é o teor de etanol anidro no qual consiste em adicionar 50 mL da gasolina A em uma proveta de 100 mL e completar com a solução de cloreto de sódio a 10%. Em seguida, deve-se tampar a proveta e inverter 10 vezes para extrair o etanol, e colocada em uma superfície plana e elevada, e aguardar durante 10 minutos. Para a gasolina A, é proibida a adição de anidro, no entanto é considerado o limite máximo de 1% do volume. A Figura 4 apresenta o teste da proveta na gasolina, na qual é possível observar a diferença de fase em 50 mL.

Figura 4 - Teste da proveta na gasolina A do tanque de armazenamento



Fonte: Autoria própria

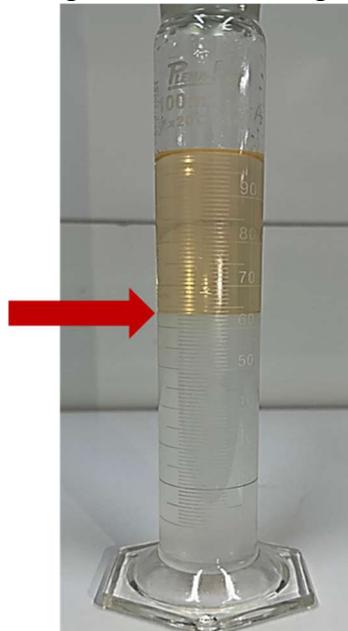
Para a gasolina C são realizadas as análises de cor, aspecto, massa específica, teor de etanol anidro e destilação. Os procedimentos para os ensaios são os mesmo que o da gasolina A, sendo a diferença no limite para o teste do teor de anidro presente no combustível na qual é especificada que seja de 27%. Em relação a cor, a gasolina comum pode variar de alaranjada para amarelada, mas a resolução apenas determina que não possua a cor azul. E esses ensaios são usados para emissão do boletim de conformidade. Vale frisar que a gasolina C não é analisada no momento da descarga do caminhão porque no Terminal apenas recebe os produtos puros. A Equação 2 apresenta o cálculo para o teor de EAC.

$$\% \text{ volume de EAC} = [(A - 50) \times 2] + 1 \quad \text{Equação (2)}$$

Fonte: ABNT, 2015

A Figura 5 apresenta o teste da proveta realizado na gasolina C em que se observa que a diferença de fase está em 63 mL.

Figura 5 - Teste da proveta na gasolina C do carregamento do caminhão-tanque



Fonte: Autoria própria

A Tabela 3 é apresentado a especificações para cada análise da gasolina A e C e os métodos.

Tabela 3 – Especificações dos parâmetros analisados nas gasolinas A e C

Característica	Unidade	Limite			
		Gasolina Comum		Gasolina Premium	
		A	C	A	C
Cor	-	Exceto azul			
Aspecto	-	Homogêneo, límpido e isento de impurezas			
Teor de Etanol Anidro Combustível (EAC)	%volume	Proibido a adição	27,0	Proibido a adição	25,0
Massa específica a 20°, mín.	kg/m ³		715,0		715,0
Destilação					
10% evaporados, máx.	°C	65,0	65,0	65,0	65,0
50% evaporados	°C	77,0 a 120,0	Máx. 80,0	77,0 a 120,0	Máx. 80,0
90% evaporados	°C	190,0	190,0	190,0	190,0
PFE	°C	215,0	215,0	215,0	215,0
Resíduo	%volume	2,0	2,0	2,0	2,0

Fonte: ANP, 2020.

Na Tabela 4 apresenta as análises de densidade, temperatura e teor de etanol realizados em amostras diferentes de gasolina A, e a respectiva massa específica a 20 °C.

Tabela 4 - Análises dos descarregamentos das gasolinas do tipo A

	Densidade (kg/L)	Temperatura (°C)	Massa específica a 20°C (kg/L)	Teor de etanol (%)
Fornecedor A	720,5	25,6	725,1	0
Fornecedor B	724,0	22,6	726,1	0
Fornecedor C	728,0	21,0	728,8	0

Fonte: Autoria própria

3.1.2 Etanol

Os etanóis passam por análises mais simples e rápidas, quando comparadas às realizadas para gasolinas. Os ensaios realizados para o boletim de conformidade são cor, aspecto, massa específica, teor alcóolico, teor de hidrocarbonetos, condutividade elétrica, teste de metanol e pH. A Figura 6 apresenta uma amostra de etanol anidro retirado do tanque de armazenamento para o controle diário dos tanques.

Figura 6 - Amostra do etanol anidro retirado do tanque de armazenamento do Terminal



Fonte: Autoria própria

Para os ensaios de cor, aspecto e massa específica seguem o mesmo procedimento que os realizados para as gasolinas. O etanol anidro possui coloração laranja e o etanol hidratado apresenta-se, normalmente, incolor, mas a resolução estabelece apenas que não seja de cor laranja ou azul por serem restritas ao etanol anidro combustível (EAC) e a gasolina de aviação, respectivamente. Para o aspecto, as amostras devem apresentar – se límpida e isento de impurezas (LII). O teor alcoólico é calculado a partir do valor da massa específica e da temperatura de ensaio lidas utilizando o programa Tabelas Alcoolométricas (ABNT, 2023). A Figura 7 apresenta a amostra de etanol hidratado retirado do tanque do Terminal para a análise e posterior emissão de boletins.

Figura 7 - Amostra do etanol hidratado retirado do tanque de armazenamento do Terminal



Fonte: Autoria própria

O teste do teor de hidrocarbonetos (HC) é feito de modo semelhante ao do teor de etanol anidro realizado na gasolina, no entanto, deve-se adicionar 50 mL de etanol hidratado e completar com a solução de cloreto de sódio a 10%. Em seguida, realizar dez inversões da proveta e deixar repousar por 5 minutos em uma superfície plana e nivelada. Deve-se anotar o volume da camada oleosa em mL, com a aproximação de 0,5 mL e depois calcular o teor de hidrocarbonetos presentes na amostra de etanol conforme a norma NBR 13993 (ABNT, 2018). O Quadro 3 apresenta o teor de hidrocarbonetos de acordo com o volume.

Quadro 3 - Teor de hidrocarbonetos na amostra analisada

V mL	T % v/v
Não detectado ^a	Não detectado
<0,5	<2
≥0,5	(A x 2) + 1
^a Reportar como não detectado se não for identificada visualmente a presença de hidrocarbonetos	

Fonte: ABNT, 2018.

A Figura 8 apresenta o teste de HC realizado no etanol hidratado, sendo a mistura 50/50 de EHC e cloreto de sódio. Nesse teste não obteve diferença de camada, logo, não foi detectado a presença de hidrocarbonetos.

Figura 8 - Teste de HC no etanol hidratado retirado do tanque de armazenamento da Distribuidora



Fonte: Autoria própria.

Além disso, a condutividade elétrica é medida com o auxílio do equipamento condutivímetro Tecnopon para etanol mCE-105 e feita nas amostras de etanol anidro e hidratado sendo o limite máximo para ambos de 300 $\mu\text{S}/\text{m}$. Por último, no etanol hidratado combustível (EHC) é feito a leitura do pH com o aparelho pHmetro MPE-108, vale ressaltar que a resolução estabelece os limites de 6,0 a 8,0. A Figura 9 apresenta o ensaio do pH em uma amostra de EHC.

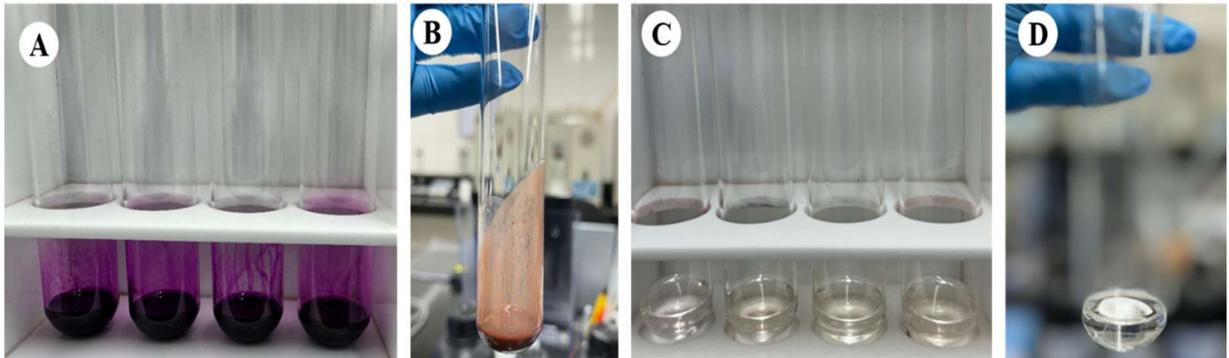
Figura 9 – Equipamento pHmetro para análise do pH do etanol hidratado



Fonte: A autoria própria

A última análise para o boletim de conformidade é o teste de metanol. Esse ensaio é realizado com o auxílio do kit colorimétrico no qual é composto por 3 reagentes diferentes. Primeiramente, é colocado 1 mL com o auxílio de uma micropipeta da amostra do EAC e EHC em tubos de ensaios, vale ressaltar que é um tubo para cada produto analisado. Em seguida, é adicionado 1 mL do reagente 1 e misturado (figura A), e deixado em repouso por 5 minutos ou até que o processo de oxidação seja concluído (figura B). Depois, é colocado 1 mL do segundo reagente, e agitado até o líquido ficar incolor (figura C), e por fim é adicionado 1 mL do último reagente e deixado em repouso por 10 minutos (figura D). Em caso de detecção da presença de metanol a solução ficará com a cor azul. De acordo com a norma, o limite máximo de metanol permitido é de 0,5% volume. Na Figura 10 apresenta as fases do teste qualitativo do metanol realizado em diferentes amostras de etanóis.

Figura 10 - Etapas do teste de metanol colorimétrico



Fonte: Autoria própria

Para as amostras de descarregamento são realizadas apenas as análises de massa específica, teor alcoólico e fator de correção. O fator também é obtido com o auxílio da Tabela Alcoométricas da ABNT, informando a temperatura do tanque. O Quadro 4 apresenta as especificações do EAC e EHC, de forma objetiva e clara, lembrando que os dados presentes são de acordo com as especificações da ANP.

Quadro 4 – Especificações dos parâmetros analisados nos etanóis anidro e hidratado

Características	Unidade	EAC	EHC	Método
Cor	-	Laranja (com adição de corante)	Exceto laranja ou azul	Resolução 907 e 828
Aspecto	-	Límpido e Isento de impurezas (LII)		Resolução 907 e 828
Massa Específica a 20°C	kg/m ³	Máx. 791,5	802,9 a 811,2	NBR 10547
Teor Alcoólico	% massa	Mín. 99,3	92,5 a 94,6	NBR 5992
Teor de Hidrocarbonetos	% volume	Máx. 3		NBR 13993
Teor de Metanol	% volume	Máx. 0,5		ISSO 1388-8
Condutividade Elétrica	μS/m	Máx. 300		NBR 10547
pH	-	-	6,0 a 8,0	NBR 10891

Fonte: Autoria própria

A Tabela 5 apresenta os resultados das análises de amostras de descarregamento de diferentes fornecedores de etanol anidro sendo mostrado as usinas de origem, a densidade e temperatura, a massa específica 20 °C e o teor alcóólico. Já a Tabela 6 expõe os ensaios e seus respectivos valores para o etanol hidratado.

Tabela 5 - Análises dos descarregamentos de EAC

Usina	Densidade (kg/L)	Temperatura (°C)	Massa específica a 20°C (kg/L)	Teor Alcoólico (Grau INPM % m/m)
Fornecedor A Boa Vista	790,0	19,8	789,8	99,8
Fornecedor B Cambuí	788,0	24,0	791,4	99,3
Fornecedor C Vale do Verdão	789,5	20,8	790,2	99,7

Fonte: Autoria própria

Tabela 6 - Análises dos descarregamentos de EHC

	Usina	Densidade (kg/L)	Temperatura (°C)	Massa específica a 20°C (kg/L)	Teor Alcoólico (Grau INPM % m/m)
Fornecedor A	Atvos	810,0	19,6	809,7	93,0
Fornecedor B	Morrinhos	804,5	24,0	807,9	93,6
Fornecedor C	Raízen	805,5	26,0	810,7	92,6

Fonte: Autoria própria

3.1.3 Diesel

Os óleos diesel S500 e S10 passam pelas análises de cor, aspecto, massa específica, condutividade elétrica, teor de água, ponto de fulgor e teor de biodiesel. A Figura 11 apresenta uma amostra de S500A retirada dos tanques de tancagem do Terminal para realizar os ensaios.

Figura 11 - Amostra do S500A retirada do tanque de armazenamento do Terminal



Fonte: Autoria própria

O diesel A e B S500 devem ter coloração vermelha, aspecto límpido e isento de impurezas, sem material particulado na amostra. A massa específica a 20°C do S500A deve estar entre 815,0 a 865,0 kg/m³, para esse ensaio é seguido o mesmo processo para todos os combustíveis citados anteriormente no qual consiste na leitura da densidade com um densímetro e a verificação da temperatura da amostra, e com o auxílio da tabela de conversão de massa específica para petróleo e seus derivados é realizado a correção da densidade, e determinado o fator de conversão. Na Figura 12 apresenta o produto S500B retirado após o carregamento do caminhão.

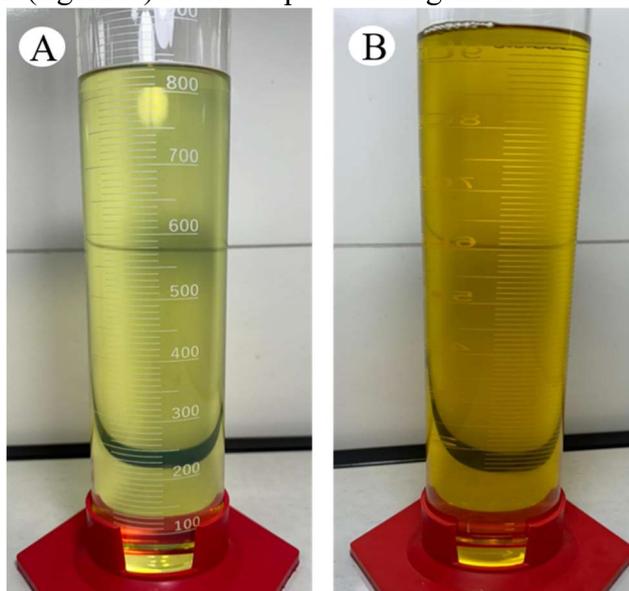
Figura 12 - Amostra do S500B retirado do carregamento do caminhão-tanque



Fonte: Autoria própria

O óleo diesel A e B S10 devem apresentar cor amarelo e marrom a alaranjada, respectivamente. Para a massa específica seus limites vão de 815,0 a 850,0 kg/m³ e não deve ser inferior ou superior a esses valores uma vez que caso isso ocorra estará fora da especificação vigente. Na Figura 13 apresenta duas amostras para sendo a figura A, do produto S10A e, a figura B, do produto S10B.

Figura 13 - Amostras de S10A (figura A) retirada do tanque de armazenamento da Distribuidora e S10B (figura B) retirado após o carregamento do caminhão-tanque



Fonte: Autoria própria

O ensaio da condutividade elétrica é realizado com o medidor de condutividade digital de diesel EMCEE MODEL 1153 *Digital Conductivity Meter*. Para essa análise é colocado a amostra de diesel até a marca existente no copo de inox, em sequência é ambientado a sonda no combustível, e ligado o equipamento para que faça a leitura da condutividade do produto. A condutividade mínima para esse combustível é de 25,0 $\rho\text{S/m}$. A Figura 14 apresenta a leitura da condutividade de uma amostra de S500A.

Figura 14 - Análise da condutividade do S500A para controle de qualidade do tanque de armazenamento



Fonte: Autoria própria

O teor de água é analisado com o auxílio do equipamento Titulador Coulométrico Karl Fisher HI904 Hanna. Esse equipamento é usado para determinar o teor de água em óleo diesel S10A, S10B, S500A, S500B e biodiesel (B100). Nesse ensaio é inserido uma pequena quantidade da amostra com o auxílio de uma seringa no equipamento para que seja feito a leitura do teor de água. Para o diesel S10 o limite máximo é de 200 ppm e S500 é de 500 ppm. A Figura 15 apresenta o equipamento usado para a análise do teor de água.

Figura 15 – Equipamento Titulador Coulométrico Karl Fisher HI904 Hanna



Fonte: Aatoria própria

O ponto de fulgor é feito com o equipamento Ponto de Fulgor Vaso Fechado Pensky-Martens Q292A. Esse ensaio consiste em colocar a quantidade da amostra de diesel até a marca da cuba de ensaio. Em seguida é feito a montagem do equipamento e com o auxílio de um termômetro é realizado a leitura da temperatura até que haja uma pequena faísca. Para os diesel o limite mínimo é de 38 °C. A Figura 16 apresenta o equipamento utilizado para a análise do ponto de fulgor.

Figura 16 - Equipamento Ponto de Fulgor Vaso Fechado Pensky-Martens Q292A



Fonte: Aatoria própria

Por fim, o teor de biodiesel é realizado com o equipamento de Infravermelho Agilent Cary-630-IVA. Nesse ensaio é utilizado o S500A/S10A como branco no momento da leitura e, em seguida, é inserido o S500B/S10B para determinar qual o percentual de biodiesel presente na amostra.

Nas análises de descarregamento de diesel são realizados os ensaios de cor, massa específica e aspecto. E caso seja necessário, o teor de água, se na amostra houver a presença de água livre. Ressaltando que as análises para o boletim de conformidade são registradas no caderno respectivo, e para as amostras de descarga de caminhão são anotados no “Caderno de Recepção do Diesel”. A Quadro 5 é apresentado a especificações para cada análise diesel e os métodos.

Quadro 5 - Especificações dos parâmetros analisados dos diesels

Características	Unidade	S10		S500		Método
		Tipo A	Tipo B	Tipo A	Tipo B	
Cor	-	Amarelo esverdeado	Marrom a alaranjada	Vermelho	Vermelho	Resolução N°50
Aspecto	-	Homogêneo, límpido e isento de impurezas				NBR 19954
Massa Específica a 20°C	kg/m ³	815,0 a 850,0		815,0 a 865,0		NBR 7148
Teor de Água	ppm	200		500		ASTM D6304
Ponto de Fulgor	°C	min. 38				NBR 14598
Condutividade Elétrica	µS/m	min. 25,0ρS/m				ASTM D2624 22
Teor de Biodiesel	%volume	14				NBR 15568

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 7 apresenta os resultados de diferentes fornecedores de diesel S10A, sendo mostrado a densidade e temperatura da amostra, a massa específica convertida a 20 °C e o teor de água. Já a Tabela 8 apresenta as análises realizadas em produtos de S500A, também de diferentes fornecedores. Vale ressaltar que não temos acesso a qual refinaria esses produtos vem.

Tabela 7 - Análises dos descarregamentos do S10A

	Densidade (kg/L)	Temperatura (°C)	Massa específica a 20°C (kg/L)
Fornecedor A	828,5	18,6	827,6
Fornecedor B	831,0	20,6	831,4
Fornecedor C	824,0	26,0	828,0

Fonte: Autoria própria

Tabela 8 - Análises dos descarregamentos de S500A

	Densidade (kg/L)	Temperatura (°C)	Massa específica a 20°C (kg/L)
Fornecedor D	830,5	25,6	834,2
Fornecedor E	831,0	21,2	831,8
Fornecedor F	827,0	25,0	830,4

Fonte: Autoria própria

3.1.4 Biodiesel

O biodiesel é analisado nos seguintes pontos: aspecto, massa específica, teor de água e ponto de fulgor.

O B100, dentre todos os biocombustíveis, é o que possui maior densidade sendo entre 850,0 a 900,0 kg/m³. Em relação ao aspecto, a amostra deve apresentar-se límpida, ausente de água livre e sem material particulado. O teor de água é realizado da mesma forma que o diesel, no entanto, seu limite é de 350 ppm para distribuidora. O ponto de fulgor segue o mesmo procedimento, mas com ponto mais alto em relação ao diesel sendo de 100°C mínimo.

Para o descarregamento, os ensaios realizados são de massa específica, aspecto e teor de água. Nesse produto, o teor de água é um ponto crítico, sendo uma questão que levou a reprovação de B100 por estar com o teor de água acima do limite. O Quadro 6 abaixo é apresentado as especificações para o biodiesel e os respectivos métodos.

Quadro 6 - Especificações dos parâmetros analisados no biodiesel

Características	Unidade	Biodiesel	Método
Aspecto	-	Homogêneo, límpido e isento de impurezas	NBR 19954
Massa Específica a 20°C	kg/m ³	850,0 a 900,0	Resolução N°45
Teor de Água	ppm	350	ASTM D6304
Ponto de Fulgor	°C	min. 100	NBR 14598

Fonte: Autoria própria

Na Figura 17 apresenta o biodiesel, sendo a figura A de origem 100% vegetal, a figura B de origem animal, e a figura C uma mistura de ambos os tipos de B100 por ser uma amostra retirada do tanque de armazenamento.

Figura 17 – Amostras de biodiesel do descarregamento de origem vegetal (figura A), biodiesel do descarregamento de origem animal (figura B), e amostra de biodiesel do tanque de armazenamento do terminal (figura C)



Fonte: Autoria própria

A Tabela 9 apresenta os resultados de três fornecedores de biodiesel diferentes, sendo mostrado a densidade e temperatura da amostra, a massa específica convertida a 20 °C e o teor de água.

Tabela 9 - Análises dos descarregamentos de B100

	Densidade (kg/L)	Temperatura (°C)	Massa específica a 20°C (kg/L)	Teor de água (ppm)
Fornecedor A	878,5	23	880,4	184,8
Fornecedor B	875,5	27,8	880,5	176,8
Fornecedor C	878,5	23,6	880,8	219,7

Fonte: Autoria própria

3.2 Emissão de boletins

Conforme descrito anteriormente, a ANP especifica dois tipos de boletins sendo os de análises e o de conformidade.

Nos boletins de conformidade são usados as amostras dos tanques de armazenamento e as primeiras amostras de carregamento dos produtos B - gasolina C, S500B e S10B. Sendo necessário realizar todas as análises determinadas na legislação para emitir o boletim na qual foram explicadas anteriormente. As informações de quais resultados dos ensaios dos produtos irá constar nos boletins irá depender de acordo com o que o cliente solicita no momento em que realiza a contratação dos serviços do laboratório, em sua maioria, são pedidos as análises dos produtos B.

Além disso, nos boletins de análises são emitidos seja para controle de tanque, reprovação do produto por estar fora da especificação em algum ensaio, análise específica de algum produto como o EHC, aprovação do combustível após ter sido submetido a algum processo de tratamento para que fique conforme a legislação, descarregamento de gasolina constando os ensaios realizados e semelhantes.

Ambos os documentos são emitidos e encaminhados por email, e armazenados em uma pasta para controle da gestão do laboratório. Ao final do mês são tabelados a quantidade de ensaios realizados e quantitativo de produtos por tipo de combustível foram analisados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as atividades e experiências vividas no período do estágio agregaram de maneira positiva sendo uma etapa essencial para um estudante durante a construção do seu conhecimento e carreira. Muitos dos conhecimentos adquiridos durante as disciplinas de química analítica experimental, físico-química, química geral, termodinâmica foram colocados em prática no laboratório de controle de qualidade de combustíveis.

As análises dos parâmetros físico-químicos constituem importantes ferramentas na avaliação da qualidade de combustíveis. Atualmente, com os diversos casos de adulteração de combustíveis é imprescindível os ensaios de maneira analítica, precisa e responsável seguindo as normas e resoluções. Além disso, esse controle é importante visto que esses compostos adulterados não são benéficos para o meio ambiente.

Durante esse período de estágio, foi possível adquirir conhecimento sobre a indústria do petróleo, desde as etapas de produção, de armazenamento e transporte. Ademais, o estudo constante de normas técnicas e resoluções são cruciais uma vez que frequentemente estão sendo atualizadas. Outro ponto importante de aprendizado é a dinâmica dos terminais que são rigidamente controladas para que não chegue e/ou saia produtos fora da especificação.

Portanto, a área de controle de qualidade exige que as pessoas envolvidas estejam sempre dispostas a buscarem a manter-se atualizados, estudar sobre a área, legislações, normas técnicas, notícias e afins que estejam relacionadas e os impactos. Como resultado, tem-se a garantia de que os clientes, fornecedores e consumidores finais, receberão um produto seguro, adequado e padronizado.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Frederique Rosa e; VIEIRA, José Nilton de Souza; RAMOS, Simone Yuri. **Programa Nacional para a Produção e Uso do Biodiesel – Diretrizes, desafios e perspectivas**. [Brasília], n. 3, p. 5-18, jul./set. 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63205/1/Paginas-de-pol-agr-03-20062-p.-5-18-OK.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. **Biodiesel**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020. (Nota Técnica). Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel> . Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. **Cartilha do Posto Revendedor de Combustíveis**. Rio de Janeiro: Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2011. (Cartilha). Disponível em: <https://www.brasilpostos.com.br/wp-content/uploads/2013/10/Guias-e-Manuais-Cartilha-ANP.pdf?6ce1f3>. Acesso em: 09 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. **Especificação do Biodiesel**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020. (Nota Técnica). Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/biodiesel/especificacao-do-biodiesel>. Acesso em: 07 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. **Etanol**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020. (Nota Técnica).

Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/etanol/apresentacao>. Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.

Gasolina. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020. (Nota Técnica). Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural/gasolina>. Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.

Governo oficializa ampliação da mistura de biodiesel no diesel vendido no país. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2023. (Nota Técnica) Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2023/03/governo-oficializa-ampliacao-da-mistura-de-biodiesel-no-diesel-vendido-no-pais> . Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Óleo**

Diesel. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020. (Nota Técnica). Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural/oleo-diesel>. Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.

Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020. (Nota Técnica) Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/qualidade-de-produtos/programas-monitoramento/programa-de-monitoramento-da-qualidade-dos-combustiveis> . Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.

Resolução ANP nº 810, de 16 de março de 2020. Institui a gestão de segurança operacional de terminais para movimentação e armazenamento de petróleo, derivados, gás natural e biocombustíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 mar. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-810-de-16-de-marco-de-2020-248327533>. Acesso em: 10 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.

Resolução ANP nº 828, de 1º de setembro de 2020. Dispõe sobre as informações constantes dos documentos da qualidade e o envio dos dados da qualidade dos combustíveis produzidos no território nacional ou importados e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1 set. 2020. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-828-2020>. Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.

Resolução ANP nº 50, de 23 de dezembro de 2013. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 dez. 2013. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-50-2013>. Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.

Resolução ANP nº 909, de 18 de novembro de 2022. Estabelece a especificação de óleo diesel

BX a B30. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 nov. 2022. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-909-2022>. Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 907, de 18 de novembro de 2022. Dispõe sobre as especificações do etanol combustível e suas regras de comercialização em todo o território nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 nov. 2022. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-907-2022>. Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 920, de 04 de abril de 2023. Estabelece a especificação do biodiesel e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializem o produto em território nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 05 abr. 2023. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-920-2023>. Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 807, de 23 de janeiro de 2020. Estabelece a especificação da gasolina de uso automotivo e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializarem o produto em todo o território nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 jan. 2020. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-807-2020>. Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 45, de 25 de novembro de 2013. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 nov. 2013. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-45-2013-regulamenta-o-exercicio-da-atividade-de-producao-de-derivados-de-petroleo-e-gas-natural-seu-armazenamento-sua-comercializacao-e-a-prestacao-de-servico-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 03 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 894, de 18 de novembro de 2022. Estabelece os coeficientes de correção da densidade (massa específica) e do volume dos derivados de petróleo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 nov. 2022. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-894-2022-estabelece-os-coeficientes-de-correcao-da-densidade-massa-especifica-e-do-volume-dos-derivados-de-petroleo?origin=instituicao&q=894>. Acesso em: 09 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 904, de 18 de novembro de 2022. Dispõe sobre o Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis - PMQC e sobre o Programa de Monitoramento da Qualidade de Lubrificantes - PML a ser executado por instituições de ensino e pesquisa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 nov. 2022. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-904-2022-dispoe-sobre-o-programa-de-monitoramento-da-qualidade-dos-combustiveis-pmqc-e-sobre-o-programa-de-monitoramento-da-qualidade-de-lubrificantes-pml-a-ser-executado-por-instituicoes-de-ensino-e-pesquisa?origin=instituicao&q=resolu%C3%A7%C3%A3o%20904/2022>. Acesso em: 10 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 52, de 2 de dezembro de 2015. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23

dez. 2015. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-52-2015?origin=instituicao&q=52/2015>. Acesso em: 10 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Terminais de Petróleo e Combustíveis Líquidos**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020. (Nota Técnica). Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/armazenamento-e-movimentacao-de-produtos-liquidos/terminais-de-petroleo-e-combustiveis-liquidos> . Acesso em: 07 mar. 2024.

ALCARDE, André Ricardo . Do Proálcool ao *Flex fuel*, etanol migrou do Estado para o mercado. **Visão Agrícola**, n.8, p. 26-28, jun. 2008. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA08-pesquisa02.pdf>. Acesso em: 02 maio 2024.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D1250**: *Standard Guide for the Use of the Joint API and ASTM Adjunct for Temperature and Pressure Volume Correction Factors for Generalized Crude Oils, Refined Products, and Lubricating Oils*. West Conshohocken: ASTM, 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D2624**: *Standard Test Methods for Electrical Conductivity of Aviation and Distillate Fuels*. West Conshohocken: ASTM, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D6304**: *Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration*. West Conshohocken: ASTM Standards, 2016.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D6751**. *Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels*. West Conshohocken: ASTM Standards, 2020.

AMPARADO, Bruno Luiz Rodrigues; REIS, Maria José; BORGES, Diogo Gontijo. Determinação do teor de etanol na gasolina dos postos de combustíveis do município de Passos (MG). **Ciência Et Praxis**, v. 09, n. 18, p. 25-28, 2016. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/praxys/article/view/2423>. Acesso em: 05 mar. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (S.d.-b). **Tabelas Alcoométricas** [Software de computador]. Associação Brasileira De Normas Técnicas. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10547**: Etanol Combustível – Determinação da condutividade elétrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10891**: Etanol hidratado combustível – Determinação do pH – Método potenciométrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13992**: Gasolina automotiva – Determinação do teor de etanol anidro combustível (EAC). Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13993**: Etanol combustível – Determinação do teor de hidrocarbonetos – Método Volumétrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14598**: Produtos de petróleo – Determinação do ponto de fulgor pelo aparelho fechado Pensky-Martens. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14954**: Combustível destilado – Determinação da aparência. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15568**: Biodiesel – Determinação do teor de biodiesel em óleo diesel por espectroscopia na região do infravermelho médio. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16943**: Etanol Combustível – Determinação do teor de metanol em etanol combustível e gasolina automotiva pelo método fotométrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5992**: Etanol Combustível – Determinação da massa específica e do teor alcoólico por densímetro de vidro. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7148**: Petróleo e derivados de petróleo – Determinação da massa específica, densidade relativa e °API – Método do densímetro. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9619**: Produtos de petróleo – Destilação à pressão atmosférica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO/IEC 17025**. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ATVOS. **Etanol Hidratado – O que é?**. São Paulo: Atvos, 2023. (link). Disponível em: <https://atvos.com/produtos/etanol-hidratado/>. Acesso em: 01 jun. 2024.

ATVOS. **Você sabe o que é etanol anidro?**. [Ribeirão Preto]: ATVOS, 2023. (Notícia). Disponível em: <https://www.canaonline.com.br/conteudo/voce-sabe-o-que-e-etanol-anidro.html>. Acesso em: 01 jun. 2024.

BRASIL. Lei Nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. **Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira**. Brasília, DF: Presidência da República – Casa Civil, 2005.

BRASIL. Lei Nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. **Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências**. Brasília, DF: Presidência da República – Casa Civil, 1997.

BROWN, Lawrence S.; HOLME, Thomas A. *Química Geral Aplicada à Engenharia*. 3 ed. [S.I.]: Cengage Learning, 2021. 624 p.

- BUIATTE, José Eduardo. **Uso de espectroscopia no infravermelho médio e análise discriminante por quadrados mínimos parciais no controle de qualidade de biodiesel de pinhão manso e crambe**. 2019. Tese (Doutorado em Biocombustíveis) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Universidade Federal de Uberlândia, 2019.
- CARVALHO, Fábio Israel M.; DANTAS FILHO, Heronides A.. Estudo da qualidade da gasolina tipo A e sua composição química empregando análise de componentes principais. **Química Nova**, Belém, v. 37, n. 1. p. 33-38, nov. 2013.
- CASTRO, César Nunes de. **O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e a Produção de Matéria-Prima de Óleo Vegetal do Norte e no Nordeste**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2011. 52 p.
- CORRÊA, Oton Luiz Silva. **Petróleo: noções sobre exploração, perfuração, produção e microbiologia**. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2003. 102 p.
- CORTEZ, Luís Augusto Barbosa (org.). **Universidades e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro**. São Paulo: Blücher, 2016. 224 p.
- COSTA JÚNIOR, Sânderes Cruz da. **Técnicas físico-químicas para caracterização da gasolina automotiva**. 2021. 44 p. Relatório de Estágio (Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.
- DABDOUB, Miguel J.; BRONZEL, João L.; RAMPIN, Márcia A. Biodiesel: Visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 776-792, abril. 2009.
- FARIA, Talita Magali. **Análise exploratória da qualidade dos combustíveis na região do Distrito Federal e entorno por meio da análise de componentes principais**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Química) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.
- FARIAS, Leonel Marques; SELLITO, Miguel Afonso. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, v. 12, n. 17, p. 1-106, jan. /jun. 2011. Disponível em: <https://revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/164>. Acesso em: 02 mar. 2024.
- GARCIA, Nathaly Nicolosi; MARIANO, Enzo Barberio. Geração de impactos sociais pela produção de biocombustíveis e combustíveis fósseis: Uma revisão geral. **Simpósio de Engenharia de Produção**, Bauru, nov. 2015. DOI 10.13140/RG.2.1.5139.4005.
- GOMES, Jonathan G. *et al.* Estudo de Análise de Combustíveis seguindo o Padrão Exigido pela Agência Nacional do Petróleo. **Revista Processos Químicos**, Anápolis, p. 79-86, jan. /jun. 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Portaria INMETRO N° 288, 12 de junho de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 jun. 2012. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=242321>. Acesso em: 09 jun. 2024.
- INTERNATIONAL ORGANIZATIONS FOR STANDARDIZATION. **ISO 649-1**. [S.I.]: ISO, 1981.